

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-174740

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 2000-370648

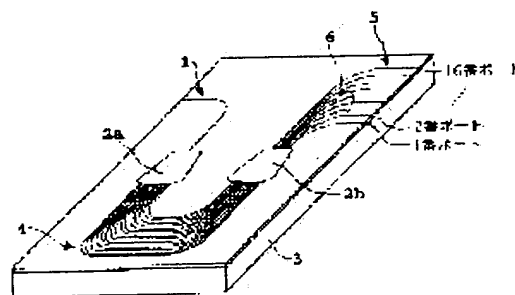
(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 05.12.2000

(72)Inventor : INOUE YASUYUKI  
KITO TSUTOMU**(54) ARRAY WAVEGUIDE DIFFRACTION GRATING TYPE OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an array waveguide diffraction grating type optical wavelength multiplexing and demultiplexing device which does not have the insertion loss difference between a plurality of ports by eliminating a theoretic insertion loss difference by a circuit design.

**SOLUTION:** A light beam made incident on an input waveguide 1 is diffracted horizontally with respect to a substrate 3 by a 1st slab waveguide 2a, and is combined with a plurality of array waveguides 4. Because adjacent array waveguides have a fixed optical path length difference, respectively, a plurality of light beams have a phase difference depending on its wavelength when combined with a 2nd slab waveguide 32b. Consequently, a focus generated by the interference of the plurality of light beams changes its position depending on its wavelength. By arranging a plurality of output waveguides 5 previously in the focal point, an arrayed waveguide grating functions as an optical wavelength multiplexing and demultiplexing device which performs the multiplexing and demultiplexing of a plurality of light beam wavelengths in bloc. A fixed light beam attenuation circuit 6 which increases the loss of a waveguide located in the center compared to surrounding waveguides, is provided in a plurality of input waveguides 1 or a plurality of output waveguides 5.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

28.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-174740  
(P2002-174740A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

データベース(参考)

F 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-370648(P2000-370648)

(22)出願日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 鬼頭 勤

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

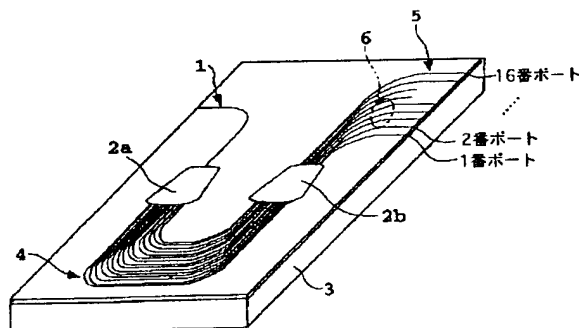
Fターム(参考) 2H047 KA04 KA15 KB03 LA18 TA00

(54)【発明の名称】 アレイ導波路回折格子型光波長合分波器

(57)【要約】

【課題】 原理的な挿入損失差を回路設計により解消して、複数のポート間での挿入損失差のないアレイ導波路回折格子型光波長合分波器を提供すること。

【解決手段】 入力導波路1に入射された光は、第1のスラブ導波路2aで基板3と水平方向に回折し、複数のアレイ導波路4に結合する。隣接するアレイ導波路は、それぞれ一定の光路長差を有しているため、第2のスラブ導波路32bに結合する際に、複数の光ビームは波長に依存する位相差を有する。この結果として、複数の光ビームの干渉で生じる焦点は波長に依存して位置が変化する。その焦点位置に予め複数の出力導波路5を配置しておくことにより、AWGは複数光波長を一括して合分波する光波長合分波器として機能する。複数本の入力導波路1もしくは複数本の出力導波路5に、周辺の導波路に比較して中央に位置する導波路の損失を増加させる固定光減衰回路6が設けられている。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のスラブ導波路と第2のスラブ導波路とを結ぶ互いに長さの異なる複数のアレイ導波路と、前記第1のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の入力導波路と、前記第2のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の出力導波路とを備えたアレイ導波路回折格子型光波長合分波器において、前記複数本の入力導波路もしくは前記複数本の出力導波路に、周辺の導波路に比較して中央に位置する導波路の損失を増加させる固定光減衰回路が設けられていることを特徴とするアレイ導波路回折格子型光波長合分波器。

【請求項2】 前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路を光軸方向と垂直方向にずらして構成されることを特徴とする請求項1に記載のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器。

【請求項3】 前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路を光軸方向に分断して構成されることを特徴とする請求項1に記載のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器。

【請求項4】 前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路の中途に第3のスラブ導波路を挿入して構成されることを特徴とする請求項1に記載のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面光導波路で構成されたアレイ導波路回折格子型光波長合分波器に関し、より詳細には、その入力ポート間もしくは出力ポート間の挿入損失の均一化を図るようにしたアレイ導波路回折格子型光波長合分波器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、通信容量の拡大のために複数の光波長を用いた光波長多重通信システム（WDM（Wavelength Division Multiplexing）システム）の開発が盛んである。この光波長多重通信システムにおいて、送信側で複数の波長の光信号を合波したり、受信側で1本の光ファイバ中の複数の光信号を異なるポートに分波する光波長合分波器として、アレイ導波路回折格子型光波長合分波器（以下、AWG（Arrayed Waveguide Grating）という）が広く使用されている。

【0003】図9は、従来の1×MチャンネルAWGの回路構成を示す図で、入力導波路31に入射された光は、第1のスラブ導波路32aで基板33と水平方向に回折し、複数のアレイ導波路34に結合する。隣接するアレイ導波路は、それぞれ一定の光路長差を有しているため、第2のスラブ導波路32bに結合する際に、複数の光ビームは波長に依存する位相差を有する。この結果として、複数の光ビームの干渉で生じる焦点は波長に依存して位置が変化する。その焦点位置に予め複数の出力導波路35を配置しておくことにより、AWGは複数光

波長を一括して合分波する光波長合分波器として機能する。

【0004】これまで報告されたAWGでは、複数のアレイ導波路34のコア幅は互いに等しく設計されていた。AWGは、ガラスやポリマー、半導体など様々な材料の導波路を用いて作製され、その結果が報告されている（M. K. Smit, "New focusing and dispersive planar component based on an optical phased array," Electronics Letters, vol. 24, no. 7, pp.385-386, Mar. 1988. Y. Hide 他, "Polymeric arrayed-waveguide grating multiplexer operation around 1.3 μm," Electronics Letters, vol. 30, pp. 959-960 1994. M. Zirngibl 他, "Polarization compensated waveguide grating router on InP," Electronics Letters, vol. 31, no. 19, pp. 1662-1664, 1995. 参照）。

【0005】1×MチャンネルのAWGでは、1番ポートやM番ポートなどの周辺出力ポートの挿入損失は、M/2番ポートなどの中央出力ポートの挿入損失よりも高くなる。この挿入損失の差は、〔チャンネル波長間隔×M〕とフリースペクトラルレンジ（以下、FSR（Free Spectral Range）という）との比で決まる。例えば、〔チャンネル波長間隔×M〕がFSRと等しい場合、両者の損失差は約2.5 dBになる。一方、〔チャンネル波長間隔×M〕をFSRの1/2に設計した場合、両者の損失差は約0.5 dBとなる。この損失差が発生する原因は、隣接する回折次数の焦点に光が漏れるためであり、回折格子においては原理的に生じるものである。ここで、Mチャンネル数を、FSRはAWG透過スペクトルの繰り返し波長周期を意味する。

【0006】100GHz間隔1×16チャンネルAWGで、〔チャンネル波長間隔×M〕がFSRと等しい場合の全ポート透過スペクトルを図10に示し、挿入損失の出力ポート依存性を図11に示す。1番ポートや16番ポートなどの周辺出力ポートの挿入損失が、8番ポートや9番ポートなどの中央出力ポートの挿入損失に比べて約2.2 dB高いことが分かる。ここでは、1×Mチャンネルの場合を例にとって説明したが、M×1チャンネルの場合もしくはN×Mチャンネルの場合でもこのことは全く同じで、周辺入出力ポートでは中央入出力ポートに比べて挿入損失が高くなる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般に、多波長の光合分波器としては、最大挿入損失が低く、かつポート間の挿入損失差が0であることが望まれる。このような条件は、〔チャンネル波長間隔×M〕に対してFSRを十分に大きく設定することでほぼ実現される。しかし、FSRが大きくなるとアレイ導波路本数を比例して増やす必要がある。アレイ導波路本数を増加させると回路全体が大きくなり、1ウエハあたりの作製可能なチップ数が減少してしまう。そこで従来、〔チャンネル波長間隔×M〕を

FSRの $2/3 \sim 1/2$ に設計することが多かった。また、必要に応じて周回性と呼ばれる繰り返しの波長特性を利用する場合は、[チャンネル波長間隔 $\times M$ ]とFSRを等しくすることもあった。この場合、従来技術で説明したように周辺ポートと中央ポートとの間で原理的に挿入損失差が0.5～2.5 dB発生する。この原理的な損失不均一さは、回路設計パラメータである[チャンネル波長間隔 $\times M$ ]とFSRとの比で一意的に決まる。よって、損失の低い中央ポートの損失を回路設計により増加させて、損失不均一さを解消することは可能である。

【0008】本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、原理的な挿入損失差を回路設計により解消して、複数のポート間での挿入損失差のないアレイ導波路回折格子型光波長合分波器を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、第1のスラブ導波路と第2のスラブ導波路とを結ぶ互いに長さの異なる複数のアレイ導波路と、前記第1のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の入力導波路と、前記第2のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の出力導波路とを備えたアレイ導波路回折格子型光波長合分波器において、前記複数本の入力導波路もしくは前記複数本の出力導波路に、周辺の導波路と比較して中央に位置する導波路の損失を増加させる固定光減衰回路が設けられていることを特徴とするものである。

【0010】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路を光軸方向と垂直方向にずらして構成されることを特徴とするものである。

【0011】また、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路を光軸方向に分断して構成されることを特徴とするものである。

【0012】また、請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記固定光減衰回路が、前記入力導波路もしくは前記出力導波路の中途に第3のスラブ導波路を挿入して構成されることを特徴とするものである。

【0013】このような構成により、回路設計のみにより、AWGの複数入出力ポート間での挿入損失差をなくすことが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0015】[第1の実施形態]図1は、本発明のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の第1の実施形態における100 GHz間隔1×16チャンネルAWGの構成を示す図で、入力導波路1に入射された光は、第1のス

ラブ導波路2aで基板3と水平方向に回折し、複数のアレイ導波路4に結合する。隣接するアレイ導波路は、それぞれ一定の光路長差を有しているため、第2のスラブ導波路3bに結合する際に、複数の光ビームは波長に依存する位相差を有する。この結果として、複数の光ビームの干渉で生じる焦点は波長に依存して位置が変化する。その焦点位置に予め複数の出力導波路5を配置しておくことにより、AWGは複数光波長を一括して合分波する光波長合分波器として機能する。

【0016】本発明においては、シリコン基板3上に石英系ガラスを堆積、パターン化したのち再度石英系ガラスで埋め込み、光導波路を作製した。また、AWGの設計パラメータであるFSRは、約1610 GHzに設計されている。この設計は従来技術で説明した[チャンネル波長間隔 $\times M$ ]がFSRと等しい場合に相当する。

【0017】本発明は、原理的な挿入損失差を回路設計により解消して、複数のポート間での挿入損失差のないようにするために、複数本の入力導波路1もしくは複数本の出力導波路5に、周辺の導波路と比較して中央に位置する導波路の損失を増加させる固定光減衰回路6が設けられている。

【0018】図2は、図1に示したAWG出力導波路の拡大図を示す図で、出力導波路5が途中で光軸と垂直な方向にずらされている。この光軸ズレAの意図は、AWG挿入損失の出力ポート間依存性を、光軸ズレAによる損失を利用して均一化することにある。したがって、この光軸ズレAは、中央ポートの出力導波路5の方が周辺ポートよりも大きく設計されている。具体的には、1番および16番ポートの出力導波路5の光軸ズレAはない。8番および9番ポートの出力導波路5の光軸ズレAは2.7ミクロンとした。この結果として、8番および9番の出力導波路5は、1番および16番の出力導波路5に比べて2.3 dB損失が高くなっている。

【0019】図3は、AWG全出力ポートにおける透過スペクトルを示す図で、図4は、AWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。従来技術のAWGでは、周辺ポートの挿入損失が中央ポートの挿入損失に比べて2.2 dB程度高くなっていたが、本実施例のAWGでは各出力導波路に適切な損失を与えたために、各ポートの挿入損失は±0.2 dB以下に収まった。ただし、挿入損失の平均値は、図10の周辺ポートの挿入損失とほぼ等しい4.1 dBであった。図4に示した挿入損失ばらつき±0.2 dBは、出力導波路の損失ばらつきやファイバ接続部の損失ばらつきが原因である。

【0020】[第2の実施形態]図5は、本発明のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の第2の実施形態における100 GHz間隔1×16チャンネルAWG出力導波路の拡大図を示す図で、AWG外観は図1と同じである。なお、符号12bは、第2のスラブ導波路を示している。FSRは約3220 GHzに設計されている。出

力導波路15が光軸方向にクラッドで分断されており、その導波路ギャップBは、中央ホートの出力導波路15の方が周辺ホートよりも大きく設計されている。この導波路ギャップBの意図は、上述した実施例1と同じで、AWG挿入損失のポート依存性をキャンセルすることにある。具体的な設計値としては、8番および9番の出力ポートがギャップ28ミクロンで1番及び16番ポートではギャップ0である。

【0021】図6は、第2の実施形態のAWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。また比較のため、導波路ギャップを設けなかったときのAWG挿入損失の出力ポート依存性を図7に示す。図7で0.7dBあった挿入損失の出力ポート依存性が、図6ではほぼ完全に解消されており、挿入損失は $2.6 \pm 0.1$  dBとなった。

【0022】[第3の実施形態]図8は、第3の実施形態におけるAWG出力導波路の拡大図で、この第3の実施形態は、第2の実施形態と類似のものであり、導波路ギャップの代わりに水平方向に閉じこめ構造を持たないスラブ導波路26を用いたものである。なお、符号22bは、第2のスラブ導波路を示している。第2の実施形態では、導波路ギャップの部分で水平方向と垂直方向共に放射するのに対して、本実施形態では、スラブ導波路部で水平方向にのみ放射する点異なる。本手法によっても、第2の実施形態と同様に挿入損失の均一化が図られた。

【0023】以上、第1～3の実施形態では、シリコン基板上の石英系ガラス導波路を用いたが、導波路材料としては、石英系ガラス以外にも、半導体やポリマーなどいかなる材料に対しても適用可能である。

【0024】第1～3の実施形態では、 $1 \times 16$ チャンネルのAWG分波器の例を示したが、本発明はチャンネル数には依存しない。また、 $16 \times 1$ チャンネルのような合波器の場合、出力導波路の代わりに入力導波路に光減衰回路を設ければよい。 $16 \times 16$ チャンネルのような場合には、入出力導波路にそれぞれ光減衰器を設けることにより、挿入損失の均一化を図ることができる。

【0025】上述した第1～3の実施形態では、光減衰器として光軸ズレや導波路ギャップ、スラブ導波路をそれぞれ用いたが、これ以外にも固定の損失を生じる回路であればどのようなものでもよい。

【0026】本発明の本質は、原理的に発生するAWG挿入損失ポート間依存性を、入出力導波路に付与した光減衰回路で均一化することにある。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、第1のスラブ導波路と第2のスラブ導波路とを結ぶ互いに長さの異なる複数のアレイ導波路と、第1のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の入力導波路と、第

2のスラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の出力導波路とを備えたアレイ導波路回折格子型波長合分波器において、複数本の入力導波路もしくは複数本の出力導波路に、周辺の導波路に比較して中央に位置する導波路の損失を増加させる固定光減衰回路が設けられているので、AWG挿入損失のポート依存性を解消し、均一な挿入損失を有するAWGを実現できる。また、この結果として、波長多重システムにおける各チャンネル波長信号間の損失ばらつきが抑制されて、システムのシンプル化に寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態のAWG外觀図である。

【図2】本発明の第1実施形態のAWG導波路の拡大図である。

【図3】本発明の第1実施形態のAWG全出力ポートスペクトルを示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態のAWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。

【図5】本発明の第2実施形態のAWG導波路の拡大図である。

【図6】本発明の第2実施形態のAWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。

【図7】本発明の第2実施形態のAWGと比較するための、従来技術のAWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。

【図8】本発明の第3実施形態のAWG導波路の拡大図である。

【図9】従来技術のAWGを示す図である。

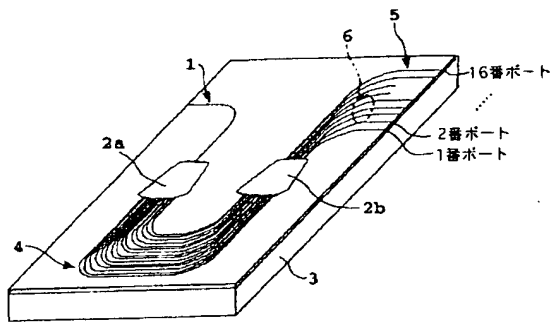
【図10】従来技術のAWG全出力ポートの透過スペクトルを示す図である。

【図11】従来技術のAWG挿入損失の出力ポート依存性を示す図である。

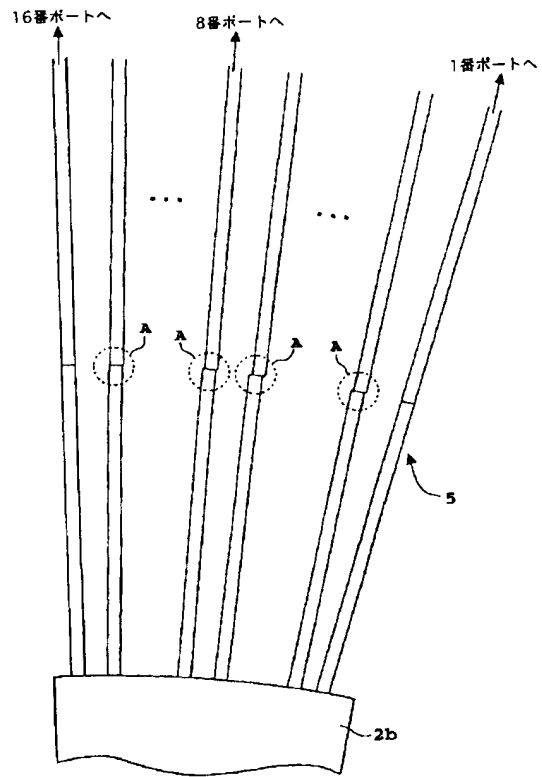
【符号の説明】

- 1 入力導波路
- 2 a 第1のスラブ導波路
- 2 b, 12 b, 22 b 第2のスラブ導波路
- 3 シリコン基板
- 4 アレイ導波路
- 5, 15, 25 出力導波路
- 6 固定光減衰回路
- 26 スラブ導波路
- 31 入力導波路
- 32 a 第1のスラブ導波路
- 32 b 第2のスラブ導波路
- 33 シリコン基板
- 34 アレイ導波路
- 35 出力導波路
- A 光軸ズレ
- B 導波路ギャップ

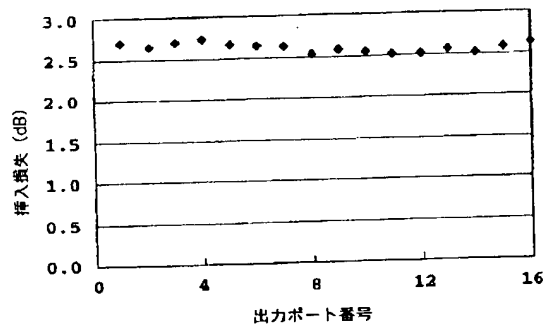
【図1】



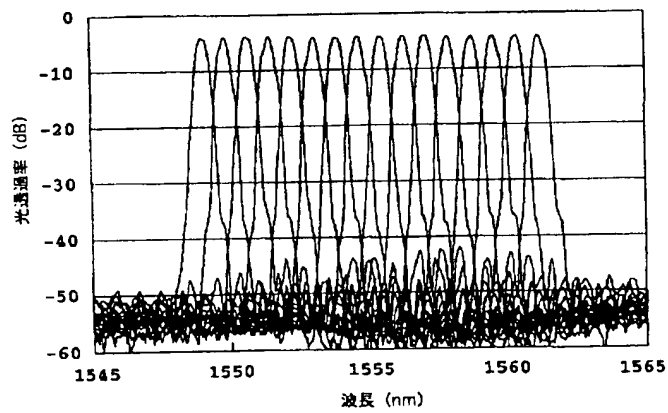
【図2】



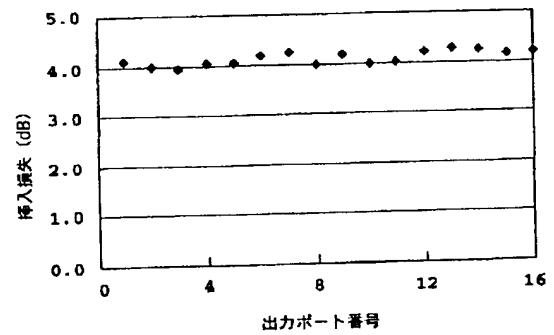
【図6】



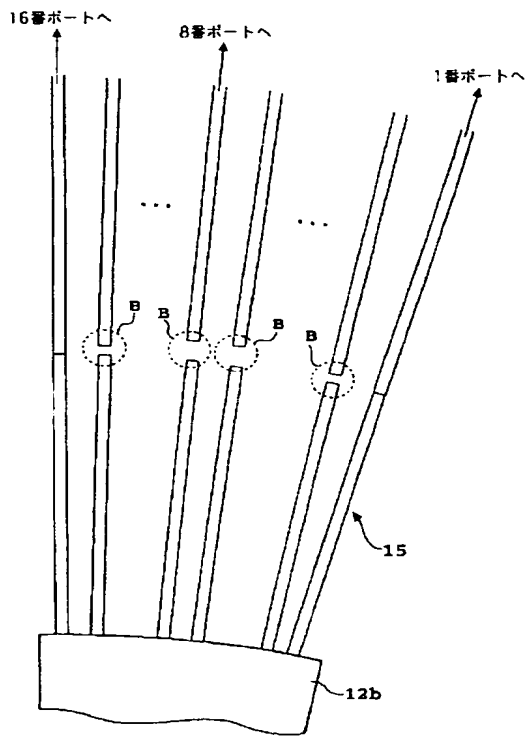
【図3】



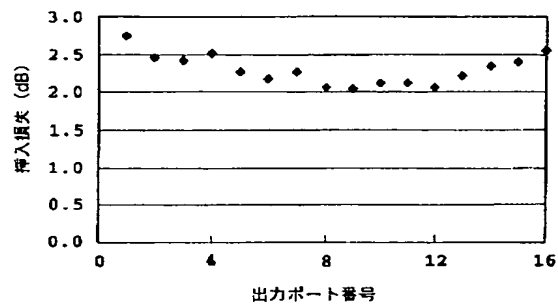
【図4】



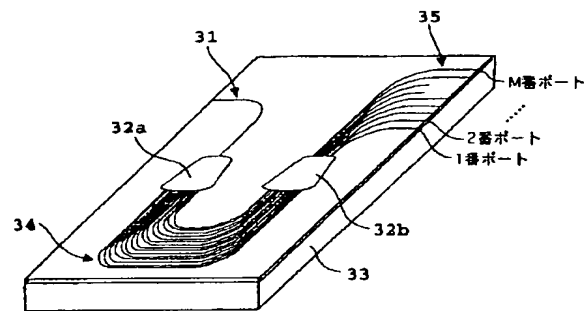
【図5】



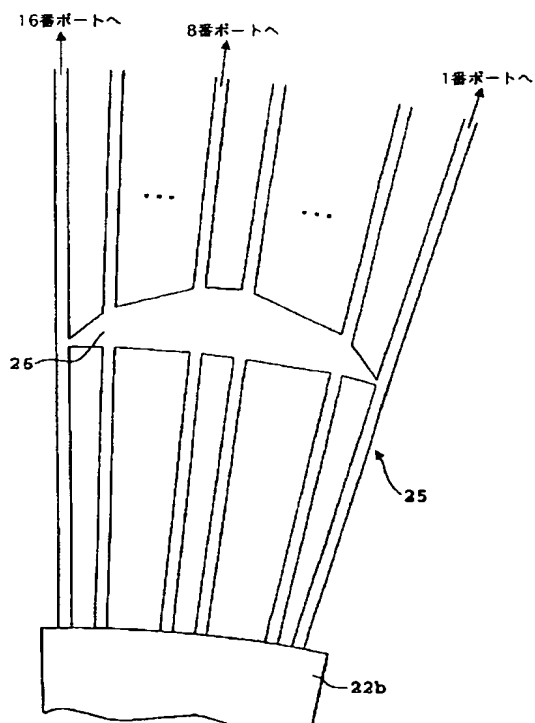
【図7】



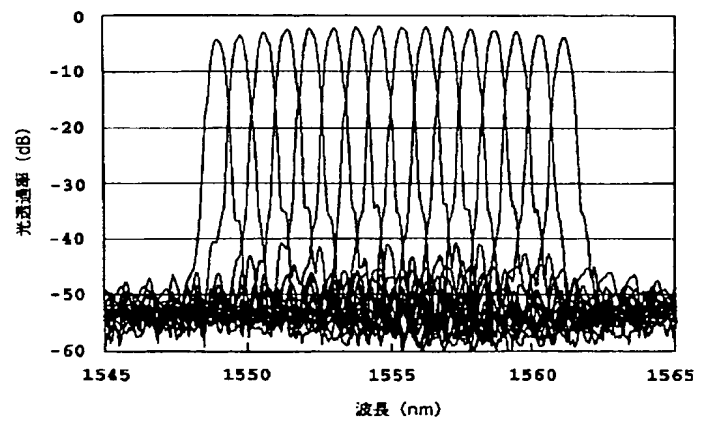
【図9】



【図8】



【図10】





【図11】

